

# IoT 通信を考慮したダイクストラ法による SDN を用いた通信制御法の提案

中野 寛二<sup>†</sup> 内田 法彦<sup>‡</sup>

福岡工業大学大学院<sup>†</sup> 福岡工業大学<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年 IoT (Internet of Things) デバイス数は急増しており、2020 年には 200 億台を超えるとも予想されている[1]. そのため ISP 内の帯域を逼迫し、パケットの遅延や欠落が生じる可能性があり、インターネット全体としての QoS 制御を今後考慮していく必要がある[2].

そこで、本研究では、IoT の通信性能を考慮した SDN、無線メッシュネットワーク (WMN: Wireless Mesh Network), IoT ネットワークの異種間無線網における SDN を用いた通信制御法の提案を行い、プロトタイプシステムの実装及び評価を行う。

## 2. 関連研究

IoT 通信を考慮し、SDN を用いた QoS 制御の先行研究として以下のものがある。

Jang らは 3GPP の QCI を IoT 向けに拡張した QoS ポリシーを用いて、SDN でネットワーク制御の提案を行った[3]. が、プロトタイプでの検証が課題と考えられる。

また、Deng らは、Jang らの QoS ポリシーを用いてプロトタイプシステムの実装と評価を行った[4]. この研究では、最短経路選択にダイクストラ法を使用し、コストに遅延とジッタ、ロスレートをを用いた複合メトリックで計算を行っている。しかし、提案手法での計算処理が複雑になり処理時間が掛かるといった問題がある。そこで本稿では、複合メトリックではなく、後述する簡素化した各パラメータ単体をコストとして扱う手法を提案する。

## 3. 本研究で想定するアーキテクチャ

本研究で想定するネットワーク構成は図 1 のようなアーキテクチャを想定している。まず、IoT ネットワーク層では IoT 通信である Bluetooth や LoRa, Zigbee といった IoT デバイスから構成されるネットワーク網を想定している。それから、LAN 層では、企業や家庭などのネットワークで有線 LAN や無線 LAN で構成している無線メッシュネットワークを想定している。また、コアネットワーク層は ISP 内のバックボーン回線や Google などのクラウドサービスから構成される。

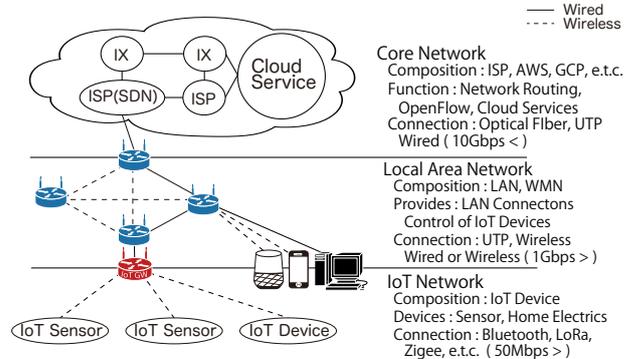


図 1 本研究で想定するアーキテクチャ

## 4. 提案手法

本研究では、IoT 通信のトラフィックパターンに応じてイベントドリブン型、ストリーミング型、センサ型、キープアライブの 4 のパターンに分類し、SDN 網内の最短経路選択にダイクストラ法を用いる。それからダイクストラ法のコストは、以下の式 (1) を用いて計算を行い、最適な経路の生成を行う。

表 1 IoT 向けに拡張した QoS ポリシー

QCI	Priority	Device type	Resource type	Packet Delay Budget	Packet Error Loss	Example Services	Protocol
1	2	Non-M2M	GBR	100 ms	10 <sup>-2</sup>	VoIP	UDP
2	3	Non-M2M	GBR	50 msd	10 <sup>-3</sup>	リアルタイムゲーミング	UDP
3	4	Non-M2M	GBR	150 ms	10 <sup>-3</sup>	テレビ電話	UDP
4	5	Non-M2M	GBR	300 ms	10 <sup>-6</sup>	ストリーミングサービス (Live 放送)	UDP
5	1	M2M	Non-GBR	60 ms	10 <sup>-6</sup>	遅延の許されない IoT デバイス	TCP
6	6	Non-M2M	Non-GBR	300 ms	10 <sup>-5</sup>	TCP (HTTP, e.t.c.), Keepalive	TCP, ICMP
7	7	Non-M2M	Non-GBR	100 ms	10 <sup>-3</sup>	ストリーミングサービス (バッファリング)	UDP
8	8	M2M	Non-GBR	N/A	10 <sup>-6</sup>	遅延の許される IoT デバイス	TCP

$$C_p = \begin{cases} \frac{\text{Max Bandwidth}}{\text{Path Bandwidth}} & (\text{帯域優先の場合}) \\ 1 - \frac{\text{Max Delay}}{\text{Path Delay}} & (\text{遅延優先の場合}) \\ 1 - \frac{\text{Max Jitter}}{\text{Path Jitter}} & (\text{ジッタ優先の場合}) \\ 1 - \frac{\text{Max Lossrate}}{\text{Path Lossrate}} & (\text{ロスレート優先の場合}) \end{cases}$$

## 5. プロトタイプシステム

想定するアーキテクチャのコアネットワーク層内の ISP 内を想定したネットワークを PC (CPU: Core i9-9900K, RAM: 32GB, GPU: NVIDIA GeForce GTX 1060 6GB) で KVM を用いて構築した。構築したネットワークが図 2 である。このネットワークの

“Proposal of Communication Controls Using the SDN based on the Dijkstra’s Method considering IoT Classifications”

<sup>†</sup> Kanji Nakano. Graduate School of Engineering, Fukuoka Institute of Technology

<sup>‡</sup> Noriki Uchida. Fukuoka Institute of Technology

Monitoring Container には、監視ツールの ZABBIX を用いており、OpenFlow Controller には Ryu、OpenFlow Switch には Open vSwitch を用いている。

また、構築したネットワークには経路が 9 経路あり、各経路の帯域は、TC コマンドを用いて図 2 の記載してる速度に帯域制限を行った。そして、Python で作成したプログラムの動作フローが図 3 である。

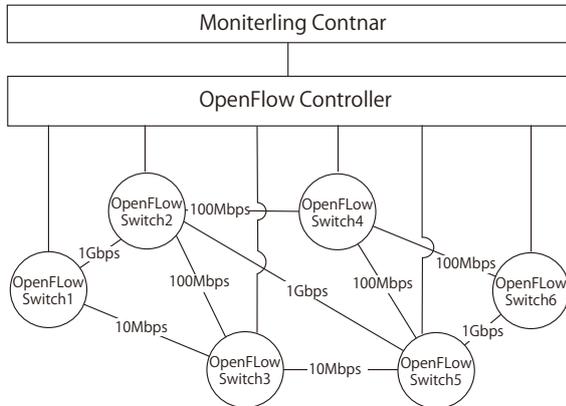


図 2 プロトタイプシステム

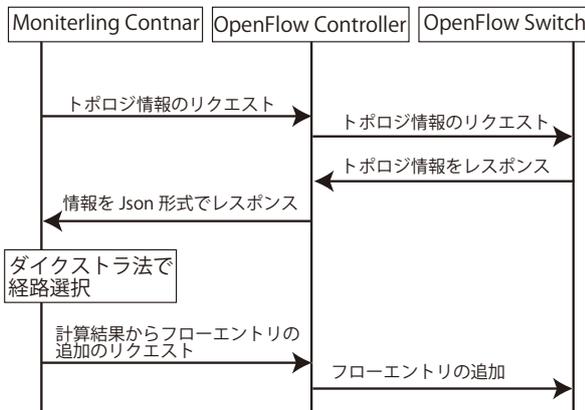


図 3 プログラム動作フロー

## 6. 実験

プロトタイプシステムを用いて、提案手法の評価を行った。まず、評価では、提案手法を用いて各コストの経路を生成し、ping を用いて遅延時間の測定を行った。また、iperf を用いて帯域、ジッタ、ロスレートの測定を行い、優先したいパラメータが正常に優先されているか評価する。この時の iperf のパラメータは、帯域測定に TCP を使用し、ウィンドウサイズが 85.3[KByte] に設定を行い、ジッタ、ロスレートに関しては UDP を使用し UDP の帯域を 1[Gbps] に設定した。

## 7. 結果

図 4 では、各コストの経路を生成したルート情報である。また図 5、iperf を用いてスループットの測定をした結果である。帯域とロスレートを優先にした経路のスループット値は、859.3[Mbps] となり、ジッタ値は、0.0057[ms] となり、ロスレートは、9.03[%] であり、遅延時間は、0.027[ms] であった。遅延とジッタを優先した経路のスループット値は、

95.6[Mbps] となり、ジッタ値は、7.28[ms] となり、ロスレートは、91.0[%] あり、遅延時間は、0.025[ms] という結果となった。この時、ロスレートを優先した経路もスループットの値が帯域優先した経路と同等の値だった理由として、同一経路を選択したためと考えられる。また、遅延とジッタ優先した経路でジッタ値とロスレートが増加した理由は、iperf の UDP 帯域を 1[Gbps] に設定したためと考えられる。

Bandwidth	Delay
-----経路-----	-----経路-----
6 <- 5 <- 2 <- 1	6 <- 4 <- 2 <- 1
-----距離-----	-----距離-----
Jitter	Loss late
-----経路-----	-----経路-----
6 <- 4 <- 2 <- 1	6 <- 5 <- 2 <- 1
-----距離-----	-----距離-----

図 4 ルート情報

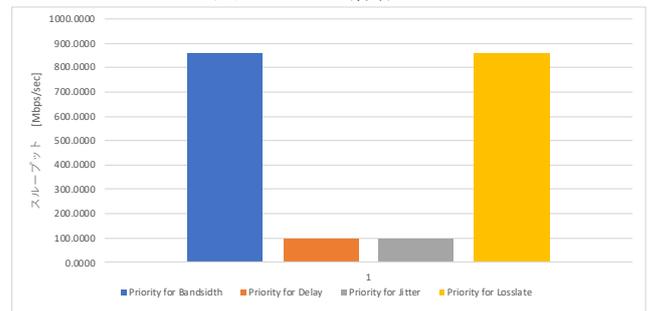


図 5 スループットの計測結果

## 8. まとめ

本項では、IoT 通信を考慮したダイクストラ法による SDN を用いた通信制御法の提案と評価を行った。そして、実験結果から、本通信制御法が有効であると評価できた。今後は、経路のパラメータに帯域制限以外に遅延やロスレートの設定し、評価を行う。他に、QCI に対応した帯域、遅延、ジッタ、ロスレートの複合メトリックの検討を行う予定である。

## 参考文献

- [1]加島ほか, “IoT 利用拡大期におけるホームネットワークのセキュリティ要件検討と機能実装”, 信学技報, ICSS2017-59 (2018-03).
- [2]橋ほか, “データ量と通信品質を考慮した IoT 向け優先度制御手法の実装と評価”, DICOMO, p1100 – p1107 (2016).
- [3]J. Hung-Chin, L. Jian-Ting, “SDN Based QoS Aware Bandwidth Management Framework of ISP for Smart Homes”, IEEE SmartWorld/SCALCOM/UIC /ATC/CBDCOM/IOP/SCI 2017, p1100–p1110, Aug 2017
- [4]D. Guo-Cin, W. Kuochen, “An Application-aware QoS Routing Algorithm for SDN-based IoT Networking”, 2018 ISCC, p186-191, June 2018